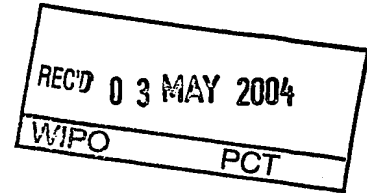


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP04/3001

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 13 555.3

Anmeldetag: 26. März 2003

Anmelder/Inhaber: Atotech Deutschland GmbH, 10553 Berlin/DE

Bezeichnung: Pulverlack und Verfahren für die Erzeugung dünner Schichten im Leiterplattenbau

IPC: C 09 D, B 32 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

5

Pulverlack und Verfahren für die Erzeugung dünner Schichten im Leiterplattenbau

10

Die Erfindung betrifft einen Pulverlack, ein Verfahren zu seiner Herstellung und ein Verfahren zur Erzeugung von Lackschichten auf Substraten, insbesondere auf Leiterplatten.

Die Herstellung dielektrischer Schichten ist an sich bekannt und erfolgt im Wesentlichen durch die Verwendung von Trockenfilmen, d.h. von Folien, die aus mehreren Schichten bestehen.

15

Eine dieser Schichten ist das noch nicht vollständig ausgehärtete, noch reaktionsfähige Harz (B-stage). Dieses wird von einer Unterstützungsschicht (z. B. Kupfer, PET) stabilisiert und auf der anderen Seite von einer Schutzschicht (z.B. aus PE) bedeckt. Die Applikation erfolgt derart, dass die Schutzschicht entfernt und die

20

verbleibende Folie auf die strukturierte Leiterplatte auflaminiert wird. Im Falle der Verwendung einer PET Unterstützungsschicht wird nach der thermischen Aushärtung die Unterstützungsschicht aus PET abgezogen. Varianten dieses Verfahrens besitzen zwischen der reaktiven Harzschicht (B-stage) und der Unterstützungsschicht noch eine weitere Harzschicht, die allerdings schon voll ausgehärtet ist (C-stage). Der Vorteil dieser Methode ist bessere Kontrolle der minimalen Schichtdi-

25

cke des Dielektrikums und die bessere Planarität der Schicht am Ende des Gesamtprozesses.

Diese Trockenfilme sind in Charles A. Harper, High Performance Printed Circuit Boards, 1999, McGraw-Hill, Kapitel 2 beschrieben. Wegen der hohen Reaktivität

der Harzschicht muss das Material bei tiefen Temperaturen ($< 0^{\circ}\text{C}$) gelagert und transportiert werden, was zusätzliche Kosten verursacht und erhebliche logistische Fähigkeiten voraussetzt. Die Schicht wird typischerweise durch Auftragen einer flüssigen Formulierung auf die Unterstützungsschicht erzeugt, d.h. die Formulierung muss als Lack formulierbar sein. Außerdem fallen beim Trocknen Lösungsmitteldosen an.

Die voranstehend beschriebenen Verfahren weisen den Nachteil auf, dass sich bestimmte Füllstoffe nur schwer oder gar nicht einarbeiten lassen. In der Regel muss der Füllstoff in organischen Lösungsmitteln stabil dispergierbar sein.

Ein weiterer Nachteil ist die geringe Lagerstabilität der erwähnten Trockenfilme bzw. die Notwendigkeit, diese bei tiefen Temperaturen lagern und transportieren zu müssen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Pulverlack, eine darauf basierende Dispersion, ein Verfahren zur Herstellung des Lacks bzw. der Dispersion und ein Verfahren zur Erzeugung von dünnen Lackschichten auf Substraten, insbesondere auf Kupferfolien zur Herstellung von Leiterplatten, bereitzustellen, das diese Nachteile nicht aufweist.

In dem Pulverlack bzw. bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sollen sämtliche denkbare Füllstoffe verwendbar sein.

Des Weiteren soll die Verwendung von organischen Lösungsmitteln vermieden werden.

Schließlich soll die Verwendung des Pulverlacks bzw. das erfindungsgemäße Verfahren die Herstellung von dünnen dielektrischen Lackschichten mit verbesserten Materialeigenschaften auf strukturierten oder unstrukturierten Substraten ermöglichen.

Gegenstand der Erfindung ist ein härthar Pulverlack, erhältlich durch

(i) Vermischen

- a) eines polymeren Binders, eines Oxazenharnstoffes, eines Cyanatesters oder eines Maleimids,
 - b) eines Härters oder Initiators,
 - c) eines Lackadditivs und
 - 5 d) gegebenenfalls eines Füllstoffs und
 - e) gegebenenfalls eines kompatibilisierenden Polymers
- und gegebenenfalls weiterer Komponenten,

(ii) Schmelzextrusion des gemäß Stufe (i) erhaltenen Gemischs und

(iii) Mahlen und Sieben des extrudierten Gemischs.

10 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Pulverlacks weist dieser im nicht ausgehärteten Zustand eine Glasübergangstemperatur von mindestens 20°C, vorzugsweise von mindestens 25°C und ganz besonders bevorzugt von mindestens 30°C und im ausgehärteten Zustand eine Glasübergangstemperatur von mindestens 150°C, vorzugsweise von mindestens 160°C und ganz
15 besonders bevorzugt von mindestens 170°C auf.

Des Weiteren ist der polymere Binder im Wesentlichen vorzugsweise ein bei Raumtemperatur festes Epoxidharz. Die Glasübergangstemperatur des Harzes soll vorzugsweise mindestens 25°C betragen.

Der erfindungsgemäße Pulverlack kann auch vorzugsweise eine Mischung von
20 Epoxidharzen umfassen. Diese Mischung weist vorzugsweise eine Glasübergangstemperatur von > 25°C im nicht ausgehärteten Zustand auf. Ihr Molekulargewicht (zahlenmittleres Molekulargewicht) beträgt im Allgemeinen > 600.

Geeignete Epoxidharze zur Herstellung des erfindungsgemäßen Pulverlacks sind beispielsweise in: Clayton A. May (Ed.) Epoxy Resins: Chemistry and Technology,
25 2nd ed., Marcel Dekker Inc., New York, 1988 beschrieben.

Bevorzugte Mischungen von Epoxidharzen umfassen Standardepoxidharze basierend auf Bisphenol A und Bisphenol-A-Diglycidylether. Das Epoxyäquivalentgewicht dieser Harze beträgt > 300 g/Äquivalent. Ein solches Harz ist beispielsweise D.E.R. 6508 (erhältlich von Dow Chemicals).

- 5 Allenfalls können auch Epoxidharze basierend auf Bisphenol F und Bisphenol S beigemischt werden.

Des Weiteren kann das Gemisch multifunktionelle Epoxidharze umfassen. Die Funktionalität dieser Harze beträgt > 3. Beispiele für solche multifunktionellen Epoxidharze sind Epoxykresolnovolak, Epoxyphenolnovolak und naphtholenthaltende multifunktionelle Epoxydharze.

- Beispiele der vorgenannten Epoxidharze sind Bisphenol-A-Epoxidharze, wie D.E.R. 667-20, D.E.R. 663UE, D.E.R. 692H, D.E.R. 692, D.E.R. 662E, D.E.R. 6508, D.E.R. 642U-20 (erhältlich von Dow Chemicals), Epoxykresolnovolake, wie beispielsweise Araldite ECN 1299, Araldite ECN 1280 (Vantico), EOCN-103 S, EOCN-104, NC-3000, EPPN 201, EPPN-502 H (Nippon Kayaku), Naphthol-Epoxidharze, wie beispielsweise NC 7000-L (Nippon Kayaku), und bromierte Epoxidharze, wie Araldite 8010 (Vantico), BREN-S (Nippon Kayaku), ESB-400 T (Sumitomo) und Epikote 5051 (Resolution). Im Weiteren können auch modifizierte Epoxidharze eingesetzt werden. Solche Modifikationen sind zum Beispiel der Einsatz von Kettenabbrechern zur Regulierung des Molekulargewichtes, so genannte „high-flow“ Harze, und der Einsatz von multifunktionellen Monomeren zur Erzeugung verzweigter Harze.
- 15
- 20

- Ein besonders bevorzugter erfindungsgemäßer Pulverlack umfasst als Komponente a) etwa 50-90 Gew.-% Epoxid und etwa 5-20 Gew.-% Cyanatester, als Komponente b) etwa 0,5-5 Gew.-% Dicyandiamid und etwa 0,1-2 Gew.-% 2-Phenylimidazol, beispielsweise etwa 85 Gew.-% Epoxid, 10 Gew.-% Cyanatester, etwa 2 Gew.-% Dicyandiamid als Härter und etwa 1 Gew.-% 2-Phenylimidazol als Initiator.
- 25

Wie bereits erwähnt, können neben den Epoxidharzen als polymere Binder auch Cyanatester verwendet werden. Diese können bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Pulverlacks sowohl in monomerer Form als auch in Form von Oligomeren oder Präpolymeren eingesetzt werden.

- 5 Geeignete Cyanatester sind bifunktionelle Cyanatester, wie BADCy, Primaset Fluorocy, Primaset MethylCy, oder multifunktionelle Cyanatester, wie Primaset BA-200, Primaset PT 60, Primaset CT 90, Primaset PT 30. Sämtliche der vorgenannten bifunktionellen und multifunktionellen Cyanatester sind erhältlich von Lonza, Basel, Schweiz.

- 10 Besonders bevorzugte Cyanatester sind BADCy und dessen Präpolymere (z.B. Primaset BA-200).

- Neben den Cyanatestern kann die Komponente a) auch 1-Oxa-3-aza-tetralinhaltige Verbindungen (Oxazenhharze), umfassen. Diese werden bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Pulverlacks zunächst ebenfalls in monomerer Form eingesetzt.
- 15

- Bevorzugte Oxazenhharze sind solche, die entweder durch Umsetzung von Bisphenol-A mit Anilin und Formaldehyd oder durch Umsetzung von 4,4'-Diaminodiphenyl-methan mit Phenol und Formaldehyd gewonnen werden. Weitere Beispiele finden sich in der WO 02/072655 und EP 0 493 310 A1 sowie der WO 02/055603 und den japanischen Patentanmeldungen JP 2001-48536, JP 2000-358678, JP 2000-255897, JP 2000-231515, JP 2000-123496, JP 1999-373382, JP 1999-310113 und JP 1999-307512. Weitere Beispiele finden sich in Makromolekulare Chemie, Macromolecular Symposia (1993), 74 (4th Meeting on Fire Retardant Polymers, 1992), 165-71, EP 0 493 310 A1, EP 0 458 740 A1, EP 0 458 739 A2, EP 0 356 379 A1 und EP 0 178 414 A1.
- 20
- 25

Schließlich sind auch die zur Herstellung des erfindungsgemäßen Pulverlacks verwendeten Maleimide dem Fachmann an sich bekannt und beispielsweise in Shioh-Ching Lin, Eli M. Pearce, High-Performance Thermosets, Carl Hanser Verlag, München 1994, Kapitel 2 beschrieben.

Die Komponente b) der erfindungsgemäßen Harzzusammensetzung umfasst einen Härter oder Initiator. Solche Härter und Initiatoren sind dem Fachmann an sich bekannt und umfassen latente Härter mit bei Raumtemperatur geringer Aktivität, wie beispielsweise phenolische Härter, wie D.E.H. 90, D.E.H. 87, D.E.H. 85, D.E.H. 84, D.E.H. 82 (erhältlich Dow Chemicals, US), Dicyandiamid oder Derivative davon, wie Dyhard OTB, Dyhard UR 200, Dyhard UR 300, Dyhard UR 500, Dygard 100, Dyhard 100 S, Dyhard 100 SF und Dyhard 100 SH (erhältlich von Degussa, Deutschland), Bisphenol A, Säureanhydride, wie Phthalsäureanhydrid, Tetrahydrophthalsäureanhydrid, Trimellitsäureanhydrid, Pyromellitsäureanhydrid, Hexahydrophthalsäureanhydrid, HET-Säureanhydrid, Dodecenylnbernsteinsäureanhydrid, Bicyclo[2.2.1]hept-5-en-2,3-dicarbonsäure-anhydrid, aromatische und aliphatische Amine, wie Diaminodiphenylsulfon, Diaminodiphenylether, Diaminodiphenylmethan oder ringsubstituierte Dianiline, wie Lonzacure® M-DEA, Lonzacure® M-DIPA, Lonzacure® M-MIPA, Lonzacure® DETDA 80 (sämtliche der vorgenannten Verbindungen sind erhältlich von Lonza, Basel, Schweiz).

Vorzugsweise wird Dicyandiamid oder modifiziertes Dicyandiamid eingesetzt.

In der erfindungsgemäßen Harzzusammensetzung werden die Härter oder Initiatoren in einer Menge unterhalb von 10 Gew.-%, vorzugsweise unterhalb von 5 Gew.-%, eingesetzt (Untergrenze: etwa 0,1 Gew.-%).

Bevorzugte Initiatoren sind Imidazole und Derivate davon, wie beispielsweise 2-Methylimidazol, 2-Ethyl-4-methylimidazol, 2-Phenylimidazol, 2-Phenyl-4-methylimidazol, Bis(2-ethyl-4-methylimidazol), 2-Undecylimidazol, 2,4-Diamino-6(2'-methyl-imidazol(1'))ethyl-s-triazin und 1-Cyanoethyl-2-undecylimidazol. Außerdem können die Salze gebildet aus Imidazolen und Carbonsäuren verwendet werden. Weitere Initiatoren sind 1,8-Diaza-bicyclo(5.4.0)undecen (DBU) und die Bor-trihalogenid-Amin Komplexe, z.B. BF₃-Amin. Weitere Beispiele finden sich in Clayton A. May (Ed.) Epoxy Resins: Chemistry and Technology, 2nd ed., Marcel Dekker Inc., New York, 1988.

Die erfindungsgemäße Harzzusammensetzung umfasst weiterhin als Komponente c) Lackadditive. Darunter werden Verlaufshilfsmittel, Entgasungshilfsmittel und Gleitmittel verstanden. Diese sind dem Fachmann an sich bekannt. Typische Beispiele sind Butylacrylat-Polymere als Verlaufshilfsmittel, Benzoin als Entgasungshilfsmittel und Wachse als Gleitmittel. Weiterhin können als Lackadditive zum Beispiel Stabilisatoren verwendet werden.

Die Lackadditive sind in der erfindungsgemäßen Harzzusammensetzung in einer Menge von im Allgemeinen 0,1-10 Gew.-%, vorzugsweise 0,2-5 Gew.-% enthalten.

Unter Lackadditiven werden auch so genannte „adhesion promoters“ (Haftvermittler) verstanden. Diese sind für die Haftvermittlung zum Kupfersubstrat sinnvoll.

Der erfindungsgemäße Pulverlack kann weiterhin organische und anorganische Füllstoffe d) umfassen.

Diese Füllstoffe werden zweckmäßigerweise in einer Menge von 5 bis 300 Gew.-%, bevorzugt 10 bis 200 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt 10 bis 100 Gew.-% in dem erfindungsgemäßen Pulverlack eingesetzt. Diese Mengenangaben beziehen sich auf die Summe der Komponenten a), b) und c) des Pulverlacks.

Beispiele für organische Füllstoffe sind fluorhaltige Polymere wie Polytetrafluorethylen (PTFE), Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylen Copolymer (FEP), Tetrafluorethylen/Ethylencopolymer (E/TFE), Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylen/Vinylidenfluorid-Terpolymer (THV), Polytrifluorchlorethylen (PCTFE), Trifluorchlorethylen/Ethylencopolymer (E/CTFE), Polyvinylfluorid (PVF), Polyvinylidenfluorid (PVDF), Perfluoralkoxycopolymer (PFA), Tetrafluorethylen/Perfluor-Methylvinylethercopolymer (MFA), außerdem Polyvinylchlorid (PVC), Polyphenylether (PPO), Polysulfone (PSU), Polyarylethersulfon (PES), Polyphenylethersulfon (PPSU), Polyphenylensulfid (PPS), Polyetherketone (PEK) und Polyetherimid (PEI).

Besonders bevorzugte organische Füllstoffe sind Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylen-Copolymer (FEP), Ethylentetrafluorethylen-Copolymer (ETFE) und Polyphe-
nylether (PPO).

5 In dem erfindungsgemäßen Pulverlack können als organische Füllstoffe insbesondere solche verwendet werden, die bei der Verarbeitung nicht aufschmelzen. Alternativ können solche organischen Füllstoffe verwendet werden, die Aufschmelzen und beim Abkühlen eine Phasenseparation zeigen.

Neben den organischen Füllstoffen können in dem erfindungsgemäßen Pulverlack auch anorganische Füllstoffe verwendet werden.

10 Solche Füllstoffe sind beispielsweise sind beispielsweise Quarzglas, wie Silbond 800 EST, Silbond 800 AST, Silbond 800 TST, Silbond 800 VST, Silbond 600 EST, Silbond 600 AST, Silbond 600 TST, Silbond 600 VST (erhältlich von Quarzwerke Frechen, Deutschland), abgerauchtes Siliciumdioxid, wie Aerosil 300 und Aerosil R 972, präzipitiertes Siliciumdioxid, wie Ultrasil 360, Sipernat D 10, Sipernat 320
15 (erhältlich von Degussa, Deutschland), kalziniertes Kaolin, wie beispielsweise PoleStar (Imerys, St Austell, UK), Santintone (Engelhard Corporation, Iselin, NJ, US), Aluminiumoxid, Magnesiumoxid, Zirkonoxid, Aluminiumsilikate, Calciumcarbonat und Bariumsulfat, wobei Quarzglas und Kaolin als Füllstoffe bevorzugt sind. Weiterhin zu nennen sind Keramiken, v.a. auch solche mit niedrigem oder negativem Ausdehnungskoeffizienten.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Pulverlacks liegen darin, dass es möglich ist, zur Optimierung der Produkteigenschaften aus einer Vielzahl von Füllstoffen denjenigen auszuwählen, der den gestellten Herausforderungen am besten gerecht wird. Beispielsweise kann eine einmal gewählte Epoxidharzmischung so nach
25 Bedarf modifiziert und angepasst werden. Auch schwierig zu verarbeitende Füllstoffe lassen sich problemlos einarbeiten. So lassen sich elektrische Eigenschaften, wie Dielektrizitätskonstante (D_k), dielektrischer Verlustfaktor ($\tan \delta$), Durchschlagswiderstand, Oberflächenwiderstand, Durchgangswiderstand und mechanische Eigenschaften, wie Biegefestigkeit, Schlagzähigkeit, Zugfestigkeit, sowie

weitere Materialeigenschaften wie thermischer Ausdehnungskoeffizient (CTE), Entflammbarkeit, u. a. in der gewünschten Art und Weise anpassen. Der Füllstoff muss nicht in organischen Lösungsmitteln löslich oder stabil dispergierbar sein. Als Konsequenz können Materialien als Füllstoffe verwendet werden, die vorher
5 im SBU (Sequential build-up) Bereich nicht oder nur bedingt eingesetzt werden konnten, wie die bereits erwähnten organischen Füllstoffe.

Durch die Füllstoffe können die elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Pulverlacks bzw. der daraus hergestellten Lackschicht beeinflusst bzw. eingestellt werden.

So können beispielsweise Füllstoffe mit niedriger Dielektrizitätskonstante, wie zum Beispiel PTFE, FEP und Kaolin, eingesetzt werden, um entsprechende Lackschichten mit niedriger Dielektrizitätskonstante herzustellen.

In analoger Weise lassen sich weitere elektrische Eigenschaften steuern.

Unter den mechanischen Eigenschaften, die durch die Füllstoffe beeinflusst werden können, werden insbesondere Eigenschaften wie der thermische Ausdehnungskoeffizient, die Schlagzähigkeit und die Zugfestigkeit verstanden.
15

Zur Beeinflussung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten sind folgende Füllstoffe besonders geeignet: Quarzglas, Kaolin, Calciumcarbonat und Keramiken mit negativem Ausdehnungskoeffizienten.

20 Die Biegefestigkeit wird beispielsweise durch PPO beeinflusst bzw. eingestellt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der gehärtete Pulverlack einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE) von $< 70 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ und vorzugsweise $< 60 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ in x-, y- und z-Richtung auf.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform beträgt die Dielektrizitätskonstante des Lacks im ausgehärteten Zustand $< 3,8$, vorzugsweise $< 3,6$. Im Weiteren sind Glasübergangstemperaturen der ausgehärteten Formulierung von über 150°C , vorzugsweise über 160°C , bevorzugt.
25

Schließlich können als Füllstoffe auch flammhemmende Materialien verwendet werden. Beispiele hierfür sind anorganische Materialien, die beim Erhitzen Wasser freisetzen, wie Aluminiumhydroxid, beispielsweise erhältlich als Martinal OL-104, Martinal OL-111 (Martinswerk GmbH, Bergheim, Deutschland) oder Apyral 60 D (Nabaltec, Schwandorf, Deutschland), Magnesiumhydroxid, erhältlich beispielsweise als Magnesiumhydroxid 8814 (Martinswerk GmbH, Bergheim, Deutschland) oder Mg-Hydroxid SIM 2.2 (Scheruhn Industrie-Mineralien, Hof, Deutschland), phosphorhaltige organische Verbindungen, wie Triphenylphosphat (TPP), Trikresylphosphat (TCP), Kresyldiphenylphosphat (CDP), tertiäre Phosphinoxide, wie Cyagard® und Reoflam® 410, roter Phosphor in Form einer Dispersion in einem Epoxidharz, wie zum Beispiel Exolit RP 650, oder in Form eines Pulvers, wie beispielsweise Exolit OP 930 (beide Produkte können von der Clariant GmbH, Frankfurt, Deutschland bezogen werden) und Antimontrioxid.

Des Weiteren kann die Entflammbarkeit des erfindungsgemäßen Pulverlacks auch durch die Komponente c), d.h. die Lackadditive, beeinflusst und eingestellt werden. In diesem Zusammenhang sind zum Beispiel phosphorhaltige und stickstoffhaltige Flammhemmer zu nennen.

Der erfindungsgemäße Pulverlack kann weiterhin gegebenenfalls kompatibilisierende Polymere enthalten. Solche kompatibilisierenden Polymere sind beispielsweise Di- oder Triblockcopolymere wie Styrol-Butadien-Styrol oder Styrol-Butadien-Methacrylsäuremethylester-Blockcopolymere (Atofina, Frankreich).

Des Weiteren kann der erfindungsgemäße Pulverlack übliche Zusatzstoffe und Additive enthalten, die bei der Verarbeitung von Epoxidharzen üblicherweise verwendet werden können.

Bei der Herstellung des erfindungsgemäßen Pulverlacks werden die oben beschriebenen Komponenten a), b), c) und gegebenenfalls d) und e) zunächst zu einem Pulver trocken vermahlen.

Dabei kann es unter Umständen zweckmäßig sein, einzelne der Komponenten vorab zu vermischen und zu extrudieren, um ein „Masterbatch“ herzustellen.

Dieses Verfahren muss insbesondere dann angewendet werden, wenn bestimmte Komponenten schwer einzuarbeiten sind. Diese werden dann vorab ineinander eingearbeitet, solche „Masterbatches“ sind auch handelsüblich. Bei den Harzen zum Beispiel ist es denkbar, zwei Harze vorab miteinander zu mischen – eine solche Vorgehensweise wird insbesondere dann angewandt, wenn eines der Harze eine niedrige Glasübergangstemperatur aufweist. Weiterhin kann dieses Verfahren zur Anwendung kommen, wenn bestimmte Komponenten nur in geringen Mengen verwendet werden.

Die vorgenannten Komponenten bzw. „Masterbatches“ werden trocken vorge-mischt und vermahlen. Vor dem Vermahlen wird das Gemisch gegebenenfalls abgekühlt.

Nach dem innigen Vermischen (und gegebenenfalls dem Abkühlen) wird das Material unter Erhalt eines Pulvers trocken vermahlen und das Pulver anschließend extrudiert. Diese Extrusion sorgt für eine vollständige Homogenisierung der Komponenten und stellt einen Schlüsselschritt des Gesamtverfahrens dar.

Nach der Extrusion wird das Material trocken vermahlen und das Überkorn abgetrennt, wobei zweckmäßigerweise eine Siebgröße im Bereich von unter 10 bis 500 µm und vorzugsweise unter 100 µm, die eine entsprechende Partikelgröße gewährleistet, verwendet wird. Besonders geeignet zur Vermahlung sind klassierende Mühlen, wie z.B. Hosekawa MicroPul.

Die bereits erwähnte Schmelzextrusion wird vorzugsweise so durchgeführt, dass der Umsatz der Reaktivkomponente weniger als 20%, vorzugsweise weniger als 10% beträgt. Diese Reaktion rührt daher, dass bei der Extrusion eine Schmelze entsteht. Der Umsetzungsgrad kann von dem Fachmann durch Thermoanalyse bestimmt werden. Die entsprechenden Extrusionsparameter (zur Erzielung eines solchen Umsetzungsgrads) kann der Fachmann durch einfache Versuche ermitteln. Sie sind abhängig von der Art des Extruders und der Art und Menge der eingesetzten Komponenten. Beispielsweise kann als Extruder ein Buss-Kokneter verwendet werden, in dem die vorgenannten Komponenten extrudiert werden.

Anschließend wird, wie bereits erwähnt, die Masse abgekühlt und zerkleinert. Die fertigen Pulverlackmischungen weisen vorzugsweise eine mittlere Partikelgröße im Bereich von 1 bis 500 μm , insbesondere von 10 bis 100 μm , auf.

Der so hergestellte Pulverlack wird erfindungsgemäß zur Erzeugung von Lack-
5 schichten auf Substraten, die anschließend im Bau von Leiterplatten Anwendung finden, eingesetzt.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Erzeugung von Lack-
schichten auf Substraten, umfassend die folgenden Stufen:

- (i) Aufbringen des erfindungsgemäßen Pulverlacks auf ein Substrat,
- 10 (ii) Aufschmelzen des Pulverlacks und
- (iii) Aushärten des Pulverlacks.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden dünne dielektrische Lackschichten, d.h. Schichten mit einer Dicke von etwa 5 bis 500 μm erzeugt. Daher kann das erfindungsgemäße Verfahren im Leiterplattenbau verwendet werden, insbe-
15 sondere beim so genannten Sequential-Build-Up-Verfahren (SBU). Andere Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich für die Applizierung von Lötstoppmasken und allen anderen Prozessen, die auf die Erzeugung dünner Schichten angewiesen sind, und die sich dadurch auszeichnen, dass Füllstoffe verwendet werden, die in den üblichen Lösungsmitteln und unter normalen Verfahrensbedingungen
20 nicht oder nur schwer löslich sind.

Der Pulverlack kann durch verschiedene Verfahren auf das Substrat aufgebracht werden. So kann das Auftragen des Pulverlacks durch Aufsprühen, elektromagnetischen Bürstenauftrag, Pulverwolkenauftrag oder Walzenauftrag erfolgen.

Das Aufsprühen kann beispielsweise durch Koronaaufladung und Triboaufladung
25 erfolgen. Diese Verfahren sind dem Fachmann bekannt und auf diesem technischen Gebiet einschlägig. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird vorzugsweise die Triboaufladung eingesetzt.

Weiterhin kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Auftragen des Pulverlacks durch Walzen erfolgen. Dabei wird das Pulver mittels eines Siebs auf das Substrat aufgebracht und anschließend mit einer Walze behandelt. Die Walze kann beheizt sein.

- 5 Das Auftragen mittels elektromagnetischem Bürstenauftrag, der „electro-magnetic brush technology“, ist in der WO 96/15199 beschrieben.

Die „powder cloud“-Technologie ist in beispielsweise in Proceedings - International Conference in Organic Coatings: Waterborne, High Solids, Powder Coatings, 23rd, Athens, July 7-11, 1997 (1997), 139-150 Publisher: Institute of Materials Science, New Paltz, N. Y.; Journal fuer Oberflaechentechnik (1996), 36(8), 34-36,39; Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung (2000), 44 (Pulverlack-Praxis), 95-100; Journal für Oberflächentechnik (1998), 38(2), 14-18 und der WO 97/47400 beschrieben.

Für das Aufschmelzen der Pulverlackschicht sind grundsätzlich die folgenden

- 15 Verfahren geeignet:

- a) Aufschmelzen in einem Ofen mit oder ohne Konvektion,
- b) Infrarot-Strahlung,
- c) nahes Infrarot (NIR) und
- d) Induktion und gegebenenfalls
- 20 e) Anregung durch Mikrowellen.

Vorzugsweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren das Aufschmelzen durch NIR erfolgen. Dieses Verfahren ist in der WO 99/47276, der DE 10109847, in Kunststoffe (1999), 89 (6), 62-64 und im Journal für Oberflächentechnik (1998), 38 (2), 26-29 beschrieben.

- 25 Der Stufe des Aufschmelzens kommt eine besondere Bedeutung zu: Beim Aufschmelzen erfolgt eine Viskositätsänderung, d.h. das Pulver schmilzt zunächst.

Die Viskosität der Schmelze nimmt ab. Daran anschließend erfolgt eine Härtung und somit wieder ein Viskositätsanstieg. Dieser Vorgang muss bei dem erfindungsgemäßen Verfahren so ausgestaltet werden, dass zunächst eine möglichst niedrige Viskosität der Schmelze auftritt, da dann ein guter Verlauf gewährleistet ist, bei dem es zu keinerlei Blasenbildung kommt, d.h. es wird im Ergebnis ein nicht poröser Film erhalten.

Hier ist ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens zu sehen. Die Lackschicht wird zunächst aufgeschmolzen, bleibt verlaufsfähig und kann somit zur Herstellung einer Multilayer-Struktur verwendet werden.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Multilayer-Struktur, umfassend die folgenden Stufen:

- (i) Aufbringen des erfindungsgemäßen Pulverlacks auf ein Substrat,
- (ii) Aufschmelzen der Pulverlackschicht gefolgt von Abkühlen,
- (iii) Auflegen (Laminieren) des beschichteten Substrates auf eine gegebenenfalls schon mehrlagige Leiterplatte,
- (iv) Aushärten,
- (v) Bohren und Durchkontaktieren der einzelnen Schichten und Substrate zur Herstellung einer Multilayer-Struktur,
- (vi) gegebenenfalls Wiederholen der Schritte (i) – (v)

Bei diesem Verfahren wird der Pulverlack vorzugsweise durch die bereits erwähnte „electromagnetic brush technology“ (EMB) aufgebracht. Dadurch wird ein homogener Pulverauftrag und damit homogenere Schichtdicken erzielt. Das Aufschmelzen erfolgt vorzugsweise durch das NIR-Verfahren. Dadurch werden porfreie Lackschichten erhalten.

Ein wesentliches Merkmal dieses Verfahrens ist es, dass die Härtung erst im Schritt (iv), d.h. nach Herstellung der Multilayer-Struktur, erfolgt. Dabei ist es wichtig, dass die Filme während der Herstellung der Struktur noch verlaufs-fähig sind.

5 Die Aushärtung der aufgeschmolzenen Pulverlackschichten erfolgt beim Verpressen bzw. Laminieren. Das Verpressen bzw. Laminieren erfolgt unter Vakuum und Druck, wobei die entsprechenden Parameter dem Fachmann bekannt sind. Dabei kann z.B. eine Laufferpresse oder eine Adarapresse verwendet werden. Die Presszyklen sind dem jeweils verwendeten Material anzupassen.

Im letzten Schritt dieses Verfahrens erfolgt das Durchkontaktieren der einzelnen Schichten und Substrate zur Herstellung einer Multilayer-Struktur.

Als Substrate sind insbesondere Kupferfolien oder polymere Trägerfolien zu nennen. Diese können im Weiteren mit Geweben oder Vliesen aus Glasfasern resp. Aramidfasern kombiniert werden.

15 Bei der Verwendung von strukturierten Substraten umfasst das erfindungsgemäße Verfahren die folgenden Stufen:

- (i) Aufbringen des erfindungsgemäßen Pulverlacks auf das strukturierte Substrat,
- (ii) Aufschmelzen und Aushärten der Pulverlackschicht gefolgt von Abkühlen,
- (iii) Bohren,
- 20 (iv) Metallisieren,
- (v) gegebenenfalls Wiederholen der Schritte (i) bis (iv).

Bei diesem Verfahren wird der Pulverlack vorzugsweise durch die bereits erwähnte „electromagnetic brush technology“ (EMB) aufgebracht. Dadurch wird ein homogenerer Pulverauftrag und damit homogenere Schichtdicken und eine bessere
25 Kantenabdeckung erzielt.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Erzeugung von Lack-
schichten auf Substraten, umfassend die folgenden Stufen:

(i) Nassvermahlen des erfindungsgemäßen Pulverlacks mit gegebenenfalls
weiteren Additiven zur Herstellung einer Dispersion,

5 (ii) Aufbringen der Dispersion auf das Substrat und

(iii) Temperaturbehandlung des beschichteten Substrats.

In der ersten Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus dem Pulverlack
durch Zugabe von Wasser eine Dispersion hergestellt. Der Feststoffgehalt der
Dispersion beträgt im Allgemeinen 20 bis 70 Gew.-%, vorzugsweise 30 bis
10 60 Gew.-%.

Zur Herstellung der Dispersion wird das Pulver mit Wasser unter Zugabe gegebe-
nenfalls weiterer Additive vermahlen. Zusätzlich zu den bereits genannten Additi-
ven, die in einer Menge von 0,1 bis 5%, vorzugsweise 0,5 bis 2,5 Gew.-% einge-
setzt werden, können der Dispersion Netz- und Dispergieradditive, Entschäumer
15 und Entlüfter sowie Verlaufshilfsmittel zugesetzt werden.

Beispiele für solche Netz- und Dispergieradditive sind Lösungen von hochmoleku-
laren Block-Copolymeren mit pigmentaffinen Gruppen wie z. B. Disperbyk 160,
170 oder 182, Acrylatcopolymere mit pigmentaffinen Gruppen wie z.B. Disperbyk
116, Lösungen von Alkylammoniumsalzen wie z.B. Disperbyk 140, Lösungen von
20 Salzen ungesättigter Polyaminamide und saurer oder polarer Ester wie z.B. Anti
Terra U oder Disperbyk 101 (alle von Byk Chemie, Wesel, D), Polycarbonsäurepo-
lymere mit oder ohne Polysiloxan Copolymer wie z.B. Byk P 104 oder Byk 220 S.
Fluorhaltige Netzmittel wie z.B. Zonyl FSN oder Zonyl FSH (beide von DuPont)
und nichtionische oberflächenaktive Substanzen wie z.B. Produkte der Surfynol
25 Serie von Air Product, Utrecht, NL.

Beispiele für Entschäumer und Entlüfter sind silikonfreie schaumzerstörende Po-
lymere wie z.B. Byk 051, Lösungen oder Emulsionen schaumzerstörender Polysi-
loxane wie z.B. Byk 020 oder Byk 067, silikonfreie schaumzerstörende Polymere

und hydrophobe Feststoffe wie z.B. Byk 011, Emulsionen und Mischungen paraffinbasischer Mineralöle und hydrophober Komponenten wie z.B. Byk 033 oder Byk 036 (alle von Byk Chemie, Wesel, D).

Beispiele für Verlaufsmittel sind polyethermodifizierte Polydimethylsiloxane wie
5 z.B. Byk 300 oder Byk 085, modifizierte, hydroxyfunktionelle Polydimethylsiloxane wie z.B. Byk 370, polyethermodifizierte Polydimethylsiloxane wie z.B. Byk 345 und ionogene und nichtionogene Polyacrylat Copolymere wie z.B. Byk 380.

Weitere Beispiele für Additive finden sich in WO 96/32452, WO 96/37561, WO 97/01609, WO 97/17390, WO 99/15593, EP 0 714 958 A2 und EP 0 044 810 A1.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass die Füllstoffe sich in den Lackteilchen befinden und somit keine Entmischung mehr erfolgt, da der Füllstoff in das Lackteilchen eingearbeitet wurde, das in Wasser nicht löslich ist. Hier ist ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens zu sehen: Bei Verarbeitung der im Stand der Technik bekannten lösungsmittelhaltigen Formulierungen
15 sinkt entweder der Füllstoff ab oder muss durch spezielle Maßnahmen stabilisiert werden, d.h. hier treten innerhalb der Formulierungen unterschiedliche Füllstoffkonzentrationen auf.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren werden nicht lösliche Lackteilchen verwendet, die den Füllstoff homogen verteilt enthalten, insoweit treten also keine Konzentrationsunterschiede auf.
20

Damit eine stabile Dispersion erhalten werden kann, müssen die Teilchen eine mittlere Größe kleiner als 10 μm , vorzugsweise kleiner 7 μm , aufweisen, wobei die Teilchengröße mit einem Coulter-Zähler bestimmt werden kann.

Nach dem Aufbringen der Dispersion auf das Substrat erfolgt eine Temperaturbehandlung, die dazu dient, das Dispersionsmittel zu entfernen und die Pulverlack-
25 schicht aufzuschmelzen. Dabei kann die Temperaturbehandlung so durchgeführt werden, dass man nach dem Aufbringen der Dispersion auf das Substrat den Film zunächst trocknet und aufschmilzt und anschließend aushärtet. Alternativ kann

nach dem Aufbringen der Dispersion auf das Substrat auch nur eine einzige Stufe der Trocknung, des Aufschmelzens und des Aushärtens des Pulverlacks durchgeführt werden.

5 Für die Temperaturbehandlung und insbesondere das Aufschmelzen der Lack-
schicht sind die bereits oben erwähnten Verfahren geeignet.

Schließlich ist ein weiterer Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Multilayer-Struktur, umfassend die folgenden Stufen:

- (i) Nassvermahlen des erfindungsgemäßen Pulverlacks mit gegebenenfalls weiteren Additiven zur Herstellung einer Dispersion,
- 10 (ii) Aufbringen der Dispersion auf ein strukturiertes Substrat,
- (iii) Temperaturbehandlung des beschichteten Substrats,
- (iv) Bohren, Metallisieren und Strukturieren,
- (v) gegebenenfalls Wiederholen der Schritte (ii) bis (iv).

15 Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mit dem erfindungsgemäßen Pul-
verlack und dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Möglichkeit zur Erzeugung
von Lackschichten auf Substraten, insbesondere auf Leiterplatten, geschaffen
wird, bei dem keinerlei organische Lösungsmittel benötigt werden.

20 Die Abwesenheit jeglicher organischer Lösungsmittel ist vor dem Hintergrund der
Arbeitssicherheit und der sich daraus ergebenden Abluftsysteme, der Entsorgung,
laufend strenger werdenden Umweltschutzrichtlinien und der mit diesen Faktoren
verbundenen Kosten ein gewichtiger Faktor.

Ein für die Verarbeitungspraxis großer Vorzug des dargestellten Verfahrens ist die
Tatsache, dass es sich bei dem zu applizierenden Material um ein Einkomponen-
tensystem handelt, d.h. das Bindemittel (Epoxidharz) und der Härter liegen bereits
25 in der korrekten Zusammensetzung vor, und müssen nicht erst unmittelbar vor der
Applikation gemischt werden.

Ein weiterer Vorteil gegenüber den Trockenfilmen ist die Lagerstabilität bei normalen Temperaturen des Transports und der Lagerung. Unter „lagerstabil“ wird eine Harzzusammensetzung verstanden, deren Komponenten nicht abreagieren, insbesondere eine Zusammensetzung, deren Exothermie über einen Zeitraum von ca. drei Monaten nicht mehr als 10% abnimmt (bei Lagerung bei 25°C).

Die Erfindung wird durch die nachfolgenden Beispiele und Vergleichsbeispiele näher erläutert.

Beispiel 1

4444 g D. E. R. 6508 (Dow Chemicals) wurden im Ofen bei 110°C geschmolzen. Nach Zugabe von 1460 g geschmolzenem Primaset BA-200 (Lonza) und 74 g Bisphenol A (Aldrich), 60 g Modarez und 12 g Benzoin (Aldrich) wurde die Mischung innig vermischt. Nach dem Abkühlen mit flüssigem Stickstoff wurde das Material trocken vermahlen und extrudiert (Doppelschneckenextruder EBVP von OMC: 110-120°C, 500 rpm).

Das Pulver hat eine Glasübergangstemperatur von 45°C (DSC).

Nach abermaligem trocknen Vermahlen und Sieben (100 µm) wurde das Pulver mit Hilfe einer EMB-Maschine (Fa. Epping) auf eine Kupferfolie der Dicke 32 µm aufgetragen. Nach dem Aufschmelzen bei 160°C während 5 min zeigt das Pulver einen tadellosen Verlauf. Der Film ist blasenfrei.

Nach thermischem Aushärten bei 190°C für 20 Minuten wurde die Schichtdicke des Dielektrikums zu 45 µm bestimmt. Der T_g (DSC) betrug 172°C.

Beispiel 2

290 g DER 6508, 58 g NC 7000-L, 58 g BADCy, 11,7 g DICy, 180 g Silbond EST 800 und 0,6 g Phenylimidazol wurden in einem Premixer gemischt und anschließend extrudiert (Doppelschneckenextruder EBVP von OMC: 110-120°C, 500 rpm). Nach Trockenvermahlung und Siebung wurde ein Teil des Pulvers ausgehärtet

und der Ausdehnungskoeffizient mit TMA gemessen (CTE = 55 ppm, Dk (@ 1GHz) = 3,6).

Beispiel 3

350 g DER 6508, 70 g NC 7000-L, 202 g Silbond EST 800 und 50 g ETFE ET
5 6235 wurden im Vormischer innig vermengt und bei 260°C extrudiert. Das Material wurde vermahlen und gesiebt und mit 70 g Primaset BA-200, 14 g DICY, 0,7 g Phenyimidazol, 1,5 g Benzoin und 11,4 g Modarez gemischt und dann bei 130°C extrudiert (Doppelschneckenextruder EBVP von OMC: 110-120°C, 500 rpm).

Nach dem Mahlen und Sieben wurde das Pulver mit Hilfe einer EMB-Maschine (Fa. Epping) auf eine Kupferfolie aufgetragen und bei 190°C ausgehärtet. Dk (@ 1GHz) = 3,3

Beispiel 4

Das Pulver nach Beispiel 1 wurde nach der Trockenvermahlung durch ein 100 µm Sieb gesiebt. 250 g dieses Pulvers wurden mit 374 g entmineralisiertem Wasser,
15 0,37 g Surfynol 440, 2,77 g Disperbyk 185 und 4,16 g Entschäumer Byk 028 verrührt. Diese Dispersion wurde in einer DynoMill (Bachofen, Basel, CH) zweimal vermahlen (Mahlgut ZrO₂, Durchmesser 0,8 mm; Spaltbreite 0,3 mm; Motorgeschwindigkeit 10 m/s). Dann erfolgte abermals Zugabe von 124 g Pulver, 0,185 g Surfynol 440, 0,277 g Disperbyk 185, 0,369 g Byk 028 und 0,28 g Aerosil R 972
20 und abermals zweimaliges Vermahlen wie oben beschrieben. Das sehr viskose Material wurde über Nacht sehr langsam gedreht, um dem enthaltenen Schaum Gelegenheit zu geben, zu entweichen. Die so erhaltene – wieder weniger viskose – Suspension wurde abermals mit 0,28 g Aerosil vermischt und anschließend mit
25 einem Rakel auf ein kupferkaschiertes FR-4 Laminat appliziert und im Ofen bei 190°C ausgehärtet. Die Schichtdicke wurde mit einem Schichtdickenmessgerät (Isoscope, Fischer) zu 45 µm bestimmt. Die Lackschicht war eine glatt und porenfrei und wies eine Glasübergangstemperatur (T_g) von 165°C auf.

Vergleichsbeispiel 1

43,7 g D. E. R. 6508 (Dow Chemicals) wurde mit 14.4 g Primaset BA-200 (Lonza),
0,73 g Bisphenol A (Aldrich), 0,59 g Modarez und 0,12 g Benzoin in 150 ml MPA
gelöst. Nach Zugabe von 5,5 g Polytetrafluorethylen (Ausimont) schwimmt ein
5 weißer Feststoff auf der Oberfläche, so dass diese Mischung nicht appliziert wer-
den kann.

Vergleichsbeispiel 2

Das Pulver von Beispiel 3 wurde in MPA suspendiert. Das Material formte eine
zähe Masse, die sich am Boden des Gefäßes absetzte und sich nicht auf eine
Kupferplatte auftragen ließ.

PATENTANSPRÜCHE

1. Härtpbarer Pulverlack, erhältlich durch

(i) Vermischen

- a) eines polymeren Binders, eines Oxazenzharzes, eines Cyantesters oder eines Maleimids,
- b) eines Härters oder Initiators,
- c) eines Lackadditivs,
- d) gegebenenfalls eines Füllstoffs,
- e) gegebenenfalls eines kompatibilisierenden Polymers
und gegebenenfalls weiterer Komponenten

(ii) Schmelzextrusion des gemäß Stufe (i) erhaltenen Gemischs und

(iii) Mahlen und Sieben des extrudierten Gemischs.

2. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er im nicht ausgehärteten Zustand eine Glasübergangstemperatur von mindestens 20°C, vorzugsweise von mindestens 25°C und ganz besonders bevorzugt von mindestens 30°C und im ausgehärteten Zustand eine Glasübergangstemperatur von mindestens 150°C, vorzugsweise von mindestens 160°C und ganz besonders bevorzugt von mindestens 170°C hat.

3. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der polymere Binder ein festes Epoxidharz ist.

4. Pulverlack nach den Ansprüchen 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponente a) ein Gemisch von Epoxidharzen mit einer Glasübergangstemperatur von mindestens 20°C umfasst.

5. Pulverlack nach den Ansprüchen 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Epoxidharz ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Standardepoxidfestharzen basierend auf Bisphenol A und Bisphenol-A-diglycidylether.

5 6. Pulverlack nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Epoxyäquivalentgewicht dieser Harze > 300 g/Äquivalent ist.

7. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Epoxidharz ein multifunktionelles Epoxidharz oder ein Gemisch multifunktio-
neller Epoxidharze enthält .

10 8. Pulverlack nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das multifunktionelle Epoxidharz ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Epoxykresolnovolaken, Epoxyphenolnovolaken und naphtholenthaltenden multifunktionellen Epoxydharzen.

15 9. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Cyanatester ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus bi- und multifunktionellen Cyanatestern.

20 10. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Maleimid ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus bi- und multifunktionellen Maleimiden, bevorzugt auf Basis aromatischer Diamine und das Oxaz-
enzharz ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus bi- und multifunktionellen Oxazenzharzen.

25 11. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Härter aus der Gruppe bestehend aus phenolischen Härtern, Bisphenol A, Dicyandiamid oder modifiziertem Dicyandiamid, Säureanhydriden, aromatischen und aliphatischen Aminen oder ringsubstituierten Diaminen ausgewählt ist.

12. Pulverlack nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Härter Dicyandiamid oder ein modifiziertes Dicyandiamid ist.

13. Pulverlack nach Anspruch 1, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Härter oder Initiator in einer Menge von 0,1 bis 10 Gew.-%, vorzugsweise 0,5 bis 5 Gew.-%, enthalten ist.
- 5 14. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lackadditive in einer Menge von 0,1 bis 10 Gew.-% enthalten sind.
15. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff in einer Menge von 5 bis 300 Gew.-%, bevorzugt 10 bis 200 Gew.-%, noch mehr bevorzugt 10 bis 100 Gew.-% bezüglich der Komponenten a), b) und c) enthalten ist.
- 10 16. Pulverlack nach Anspruch 1 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff ein anorganischer Füllstoff ist.
17. Pulverlack nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff Quarzglas („fused silica“) oder Kaolin ist.
- 15 18. Pulverlack nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff eine mittlere Partikelgröße von weniger als 30 µm, vorzugsweise weniger als 20 µm und ganz besonders bevorzugt weniger als 10 µm aufweist.
- 20 19. Pulverlack nach Anspruch 1 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff ein organischer Füllstoff ist, der bei der Verarbeitung des Pulverlacks nicht aufschmilzt.
20. Pulverlack nach Anspruch 1 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das der Füllstoff ein organischer Füllstoff ist, der bei der Verarbeitung des Pulverlacks aufschmilzt und beim Abkühlen eine Phasenseparation zeigt.
- 25 21. Pulverlack nach Anspruch 1 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Füllstoff Polyphenylether oder ein fluorierter Thermoplast, insbe-

sondere Polytetrafluorethylen (PTFE), Ethylentetrafluorethylen-Copolymer (ETFE) oder Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylen-Copolymer ist.

22. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sein thermischer Ausdehnungskoeffizient im ausgehärteten Zustand $< 70 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$, vorzugsweise $< 60 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ in x-, y- und z-Richtung ist.

23. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass seine Dielektrizitätskonstante im ausgehärteten Zustand $< 3,8$, vorzugsweise $< 3,6$, ist.

24. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er lagerstabil ist, wobei seine Exothermie über einen Zeitraum von drei Monaten bei Lagerung bei 25°C um nicht mehr als 10% abnimmt.

25. Pulverlack nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er als Komponente a) etwa 50-90 Gew.-% Epoxid und etwa 5-20 Gew.-% Cyantester, als Komponente b) etwa 0,5-5 Gew.-% Dicyandiamid und etwa 0,1-2 Gew.-% 2-Phenylimidazol umfasst.

26. Verfahren zur Herstellung des härtbaren Pulverlacks nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die folgenden Stufen:

(i) Vermischen der Komponenten a), b), c) und gegebenenfalls d) und e),

(ii) Schmelzextrusion des gemäß Stufe (i) erhaltenen Gemischs und

(iii) Mahlen und Sieben des extrudierten Gemischs.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehrere der Komponenten a), b), c), d) und e) als Vormischung („Masterbatch“) in Stufe (i) eingesetzt werden.

28. Verfahren nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufe (ii) so durchgeführt wird, dass der Umsatz der Reaktivkomponente weniger als 20%, vorzugsweise weniger als 10% beträgt.

29. Verfahren zur Erzeugung von Lackschichten auf Substraten, umfassend die folgenden Stufen:

- (i) Aufbringen des Pulverlacks nach den Ansprüchen 1 bis 25 auf ein Substrat,
- (ii) Aufschmelzen des Pulverlacks und
- (iii) Aushärten des Pulverlacks.

30. Verfahren zur Herstellung einer Multilayer-Struktur, umfassend die folgenden Stufen:

- (i) Aufbringen des Pulverlacks nach den Ansprüchen 1 bis 25 auf ein Substrat,
- (ii) Aufschmelzen der Pulverlacksschicht gefolgt von Abkühlen,
- (iii) Auflegen (Laminieren) des beschichteten Substrates auf eine gegebenenfalls schon mehrlagige Leiterplatte,
- (iv) Aushärten,
- (v) Bohren und Durchkontaktieren der einzelnen Schichten und Substrate zur Herstellung einer Multilayer-Struktur,
- (vi) gegebenenfalls Wiederholen der Schritte (i) bis (v).

31. Verfahren nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat eine Kupferfolie oder polymere Trägerfolie ist.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerfolien mit Geweben oder Vliesen aus Glasfasern resp. Aramidfasern kombiniert werden.

33. Verfahren zur Herstellung einer Multilayer-Struktur, umfassend die folgenden Stufen:

- (i) Aufbringen des Pulverlacks nach den Ansprüchen 1 bis 25 auf ein strukturiertes Substrat,
- (ii) Aufschmelzen und Aushärten der Pulverlackschicht gefolgt von Abkühlen,
- 5 (iii) Bohren,
- (iv) Metallisieren,
- (v) gegebenenfalls Wiederholen der Stufen (i) bis (iv).

34. Verfahren nach den Ansprüchen 29 bis 33, dadurch g e k e n n z e i c h -
n e t, dass das Auftragen des Pulverlacks durch Aufsprühen, elektromagne-
10 tischen Bürstenauftrag, Pulverwolkenauftrag oder Walzenauftrag erfolgt.

35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das
Aufsprühen mittels Koronaaufladung oder Triboaufladung erfolgt.

36. Verfahren nach den Ansprüchen 29 bis 33, dadurch g e k e n n z e i c h -
n e t, dass das Aufschmelzen erfolgt durch

- 15 a) Aufschmelzen in einem Ofen mit oder ohne Konvektion,
- b) Infrarot-Strahlung,
- c) nahe Infrarot-Strahlung (NIR),
- d) Induktion oder
- e) Anregung durch Mikrowellen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft einen Pulverlack, ein Verfahren zu seiner Herstellung und ein Verfahren zur Erzeugung von Lackschichten auf Substraten, unter anderem zur Herstellung von Multilayer-Strukturen. Bei dem Verfahren muss keinerlei organi-

5 sches Lösungsmittel verwendet werden.